للهجن ٣ تركيب وراثى مختلف؛ حيث (ن) هى عدد العوامل الوراثية الخليطة فى الجيل الأول الهجين. وعليه .. فإن عدد التراكيب الوراثية التى يمكن ظهورها فى الجيل الثانى يكون كبيرًا للغاية؛ فلو كانت (ن) تساوى ٣٠ – وهو تقدير متواضع للغاية – فإن عدد التراكيب الوراثية التى يحتمل ظهورها يصبح ٢,٠٥٨٩ × ١٠^{١٤}. ولن يمكن معرفة التراكيب المرغوب فيها منها – للجهل بها ابتداءً – فضلاً على استحالة زراعة هذا العدد من النباتات، أو إخضاع بعضها للتربية الداخلية لعزل سلالتى الآباء بحالة أصيلة.

الظواهر التى يستفاد بها فى إنتاج الأصناف الهجين

يستفيد المربى ببعض الظواهر النباتية؛ مثل العقم الذكرى، وعدم التوافق، وانفصال الجنس فى إنتاج الهجن. ونتناول بالشرح – فيما يلى – كيفية الاستفادة بهذه الظواهر – وغيرها – فى عملية إنتاج البذرة الهجين.

العقم الذكرى الوراثى

يستفاد من ظاهرة العقم الذكرى الوراثى فى إنتاج الهجن، باستعمال سلالات أمهات، تكون أصيلة فى صفة العقم الذكرى (msms)، بينما تكون سلالات الآباء خصبة أصيلة (MsMs)؛ وبذا .. تكون البذرة الهجين – وهى التى تحصد من سلالات الأمهات – خليطة وخصبة (Msms). تنتج هذه الهجن دونما حاجة إلى خصى الأزهار المذكرة، أو إزالة النوارت المذكرة من نباتات الأمهات.

وقد استخدمت ظاهرة العقم الذكرى الوراثى فى إنتاج الهجن الفردية فى كثير من المحاصيل، إلا أنها لا تصلح لإنتاج الهجن الزوجية؛ لأن كلا الهجينين الفرديين المستعملين فى إنتاج الهجين الزوجى يكون كل منهما خصب الذكر، فى حين يلزم أن يكون أحدهما عقيم الذكر حتى يمكن إنتاج الهجين الزوجى.

ولكى تكون الاستفادة بظاهرة العقم الذكرى الوراثى تامة .. فإنه تلزم توفر وسيلة فعالة لنقل حبوب اللقاح من السلالة الخصبة الذكر إلى السلالة العقيمة الذكر المستعملة كأم، وإلا تطلب الأمر إجراء عملية التلقيح يدويًّا؛ ولهذا السبب .. فإنه لم يمكن

الاستفادة – حتى الآن – من صفة العقم الذكرى فى بعض المحاصيل الذاتية التلقيح مثل الطماطم. فعلى الرغم من توفر عديد من جينات العقم الذكرى فى هذا المحصول .. إلا أن جميع الأصناف الهجين المتداولة تجاريًا تنتج بذورها بالتلقيح اليدوى. ويرجع ذلك إلى قلة النشاط الحشرى فى الطماطم، وضعف قدرة زهرة الطماطم على إنتاج حبوب اللقاح – مقارنة بالمحاصيل الخلطية التلقيح – كما أن برامج مكافحة الآفات المتبعة فى حقول الطماطم تتعارض مع إمكان استخدام الحشرات فى التلقيح.

كذلك توجد محاصيل خلطية التلقيح – كالقرعيات – تتوفر فيها جينات العقم الذكرى، إلا أن جميع أصنافها الهجين المتداولة تجاريًا تنتج بذورها بالتلقيح اليدوى.

ومن أهم الأسباب التى جعلت مربى النبات يعزفون عن الاستفادة من ظاهرة العقم الذكرى – عوضًا عن عملية الخصى فى بعض المحاصيل الذاتية التلقيح كالطماطم، أو عوضًا عن عمليتى الخصى والتلقيح فى بعض المحاصيل الخليطة التلقيح كالقرعيات – ما يلى:

١ – تتميز هذه المحاصيل بإنتاجها أعدادًا كبيرة من البذور من كل تلقيح، مع عدم حاجتها إلى كميات كبيرة من التقاوى لزراعة وحدة المساحة.

٢ – سهولة إجراء التلقيحات اليدوية فيها.

فإذا أضفنا إلى ذلك ضرورة إدخال صفة العقم الذكرى فى سلالات الأمهات، والجهود التى تبذل للتخلص من النباتات الخصبة الذكر التى تظهر فى خطوطها .. لوجدنا أن التلقيح اليدوى يعد أفضل لإنتاج الهجن فى مثل هذه المحاصيل.

ويتطلب الاعتماد على ظاهرة العقم الذكرى الوراثى – فى إنتاج الهجن التجارية – نقل صفة العقم الذكرى لسلالات الآباء. ونظرًا لأن السلالات العقيمة الذكر لا يمكن إكثارها – للمحافظة عليها – بالتلقيح الذاتى؛ لذا .. فإنها تكثر بتلقيحها مع نباتات خصبة خليطة فى صفة العقم الذكرى (Msms)؛ حيث تكون نصف نباتات النسل الناتج عقيمة الذكر أصيلة (msms)، ونصفها الآخر خصبة الذكر خليطة (Msms). ويتطلب الإنتاج التجارى للهجن ضرورة التخلص من هذه النباتات الخصبة فى مرحلة مبكرة من النمو، لأن وجودها يعنى حدوث التلقيح الذاتى.

ويجرى ذلك باتباع إحدى الوسائل التالية:

١ - بإزالة النباتات الخصبة الذكر بمجرد ملاحظتها عند الإزهار. وتتطلب هذه الطريقة أيدى عاملة كثيرة؛ الأمر الذى يقلل من مزايا الاعتماد على ظاهرة العقم الذكرى فى إنتاج الهجن.

٢ - بربط جين الخصوبة - إن أمكن - مع جين يتحكم فى الحساسية لأحد المركبات الكيميائية، ثم التخلص من النباتات الخصبة، بمعاملتها بهذا المركب. وقد اقتُرِحَ - فى هذا المجال - ربط جين الخصوبة فى الشعير بالجين المسئول عن الحساسية لمركب الـ د. د. ت.

٣ - بإدخال جينات معلمة، ترتبط ارتباطًا قويًّا بصفة العقم الذكرى فى السلالات العقيمة الذكر؛ حتى يمكن تمييز النباتات الخصبة الذكر. ومن أمثلة ذلك جين يتحكم فى لون الأليرون فى حبة الذرة؛ مما يسمح بفرز البذور أليكترونيا قبل زراعتها.

٤ - باستعمال جينات معلمة تكون ذات تأثير متعدد؛ بحيث يسهل تمييز النباتات العقيمة الذكر من النباتات الخصبة. ومن أمثلة ذلك .. ظهور صفة الأوراق الملساء الخالية من الشعيرات فى إحدى سلالات البطيخ العقيمة الذكر، وكذلك ظهور صفة الأوراق الضيقة فى الخس، عند وجود صفة العقم الذكرى، التى يتحكم فيها ثلاثة أزواج من العوامل الوراثية المتنحية.

٥ - بربط جين العقم الذكرى بإحدى حالات الكروموسومات غير العادية، التى قد تؤثر فى صفة ظاهرة كحجم البذرة على سبيل المثال. وقد أمكن ربط صفة خصوبة الذكر فى الذرة بكروموسوم يوجد به نقص مزدوج duplicate-deficient (Dp-Df) ولا ينتقل خلال الجاميطة المذكرة، حيث تحصد البذور التى تحمل جين العقم الذكرى بحالة أصيلة من الهجين:

الأب Msms Dp-Df × msms الأم

وتكثر السلالة ذات النقص الكروموسومى المزدوج بالانتخاب فى نسل السلالة المستخدمة كأب (عن Duvick ١٩٦٦، و Welsh ١٩٨١).

يتبين مما تقدم ضرورة أن يتوفر من كل صنف يستخدم كأم عند إنتاج الهجن

بالاعتماد على ظاهرة العقم الذكرى الوراثى ثلاث سلالات تختلف فى عوامل العقم الذكرى، كما يلى:

١ – السلالة العقيمة الذكر msms، وهى التى تأخذ الرمز A.

٢ – سلالة خصبة الذكر وخليطة فى عامل العقم الذكرى Msms، وهى التى تأخذ الرمز B، وتستعمل فى إكثار السلالة العقيمة الذكر، ولذا .. فإنها تعرف باسم maintainer line.

٣ – يتحصل على السلالة الخصبة الذكر الخليطة بالتلقيح بين السلالة A وسلالة خصبة الذكر أصيلة MsMs (السلالة الثالثة المطلوبة من الصنف ذاته)؛ وجميعها سلالات ذات أصول وراثية متشابهة.

العقم الذكرى السيتوبلازمى

يستفاد من ظاهرة العقم الذكرى السيتوبلازمى فى إنتاج هجن بعض المحاصيل مثل البصل، وبنجر السكر؛ حيث تكون سلالات الأمهات عقيمة الذكر (S) وتصل إليها حبوب اللقاح من سلالات الآباء الخصبة الذكر (F). هنا .. لابد أيضًا من وسيلة طبيعية لنقل حبوب اللقاح، ويتم ذلك إما بواسطة الحشرات كما فى البصل وإما بواسطة الهواء كما فى البنجر.

يكون الهجين الناتج – فى حالة استعمال ظاهرة العقم الذكرى السيتوبلازمى – عقيم الذكر، لأنه يتلقى السيتوبلازم من الأم التى تحمل العامل (S)؛ ولذا .. فإن استعمال هذه الظاهرة فى إنتاج الهجن مقصور على المحاصيل التى تزرع لأجل أجزائها الخضرية، أو أزهارها؛ مثل البصل، والبنجر، ونباتات الزينة. ولا يمكن الاعتماد على هذه الظاهرة فى إنتاج الهجن الفردية من المحاصيل التى تزرع لأجل بذورها، أو ثمارها. إلا إذا خلطت البذرة الهجين الناتجة (وهى التى تحمل العامل S) مع بذور أخرى من الهجين ذاته، يكون قد استعمل التلقيح اليدوى فى إنتاجها؛ حيث تشكل الأخيرة مصدرًا لحبوب اللقاح فى المزارع التجارية لهذا الهجين؛ لأنها تكون خصبة الذكر. ويطلق على هذه الطريقة اسم الخلط Blending.

وقد اتبعت طريقة الخلط هذه – على نطاق واسع – فى إنتاج الهجن الزوجية من

الذرة قبل اكتشاف ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى. وكان ذلك يجرى بإدخال صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى إلى إحدى السلالات الأربع التى تدخل فى تكوين الهجين الزوجى؛ فلو فرض أن كان الهجين الزوجى المراد إنتاجه هو أ ب × جـ د، وأدخلت صفة العقم الذكرى السيتوبلازمى إلى السلالة أ .. فإن هذه السلالة تستعمل كأم فى إنتاج الهجين الفردى أ ب، الذى يكون عقيم الذكر؛ لأنه يتلقى عامل العقم (S) من سيتوبلازم الأم. أما الهجين الفردى جـ د .. فإنه ينتج بطريقة التلقيح اليدوى، ويكون خصب الذكر. ويستعمل الهجين الفردى العقيم أ ب كأم فى إنتاج الهجين الزوجى أ ب × جـ د الذى يكون عقيم الذكر؛ لأنه يتلقى عامل العقم (S) من الأم العقيمة التى هى الهجين الفردى أ ب. وبخلط بذرة الهجين الزوجى أ ب × جـ د المنتجة بهذه الطريقة (وهى التى تحمل العامل S) مع بذور أخرى من الهجين نفسه يكون قد استعمل التلقيح اليدوى فى إنتاجها .. فإن المخلوط الناتج (blend) يمكن زراعته كصنف هجين؛ حيث تشكل البذور الناتجة من التلقيح اليدوى مصدرًا لحبوب اللقاح لأنها تكون خصبة الذكر.

العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى

يستفاد من ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج هجن المحاصيل، التى تزرع لأجل بذورها أو ثمارها؛ مثل الذرة، وذرة المكانس (السرغوم). ويكون التركيب الوراثى للسلالة العقيمة الذكر المستعملة كأم هو Srr، بينما يكون التركيب الوراثى للسلالة الخصبة الذكر المستعملة كأب إما FRR، أو SRR. ويكون الهجين الناتج – فى أى من الحالتين – خصب الذكر، وذا تركيب وراثى SRr.

كما يستفاد من هذه الظاهرة فى إنتاج الهجن الزوجية أيضًا؛ فو كان الهجين الزوجى المطلوب هو أ ب × جـ د فإن الأمر يتطلب – أولاً – إدخال صفة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى إلى إحدى سلالتى كل هجين فردى؛ ليصبح تركيبها الوراثى Srr. أما التركيب الوراثى للسلالة الأخرى – لكل هجين فردى – فيكون FRR فى أحد الهجينين الفرديين، و Frr فى الهجن الآخر.

وتكون التراكيب الوراثية للسلالات والهجن الفردية كما يلى:

السلالة	التركيب الوراثى	الشكل الظاهرى	استعمالها
أ	Srr	عقيمة الذكر	أم فى الهجين الفردى أ ب
ب	FRR	خصبة الذكر	أب فى الهجين الفردى أ ب
جـ	Srr	عقيمة الذكر	أم فى الهجين الفردى جـ د
د	Frr	خصبة الذكر	أب فى الهجين الفردى جـ د

وبذا .. فإن الهجين الفردى أ ب يكون خصب الذكر، وذا تركيب وراثى SRr، أما الهجين الفردى جـ د .. فإنه يكون عقيم الذكر، وذا تركيب وراثى Srr. وباستعمال الهجين الفردى جـ د كأم مع الهجين الفردى أ ب الذى يستعمل كأب .. فإن نصف نباتات الهجين الزوجى أ ب × جـ د تكون خصبة الذكر، وذا تركيب وراثى SRr، بينما تكون نباتات نصفه الآخر عقيمة الذكر، وذات تركيب وراثى Srr، ويقوم النصف الخصب بإمداد جميع النباتات فى الحقل بحبوب اللقاح اللازمة.

وتتميز هذه الطريقة بعدم الحاجة إلى إزالة النورات المذكرة من السلالات، أو الهجن الفردية المستعملة كأمهات فى جميع مراحل إنتاج الهجين الزوجى. ولكن يعاب عليها صعوبة إدخال الجين R إلى السلالات المستعملة كآباء؛ لأن الجين لا يمكن تتبعه إلا باختبار النسل.

كذلك .. يستفاد من ظاهرة العقم الذكرى الوراثى السيتوبلازمى فى إنتاج الهجن الفردية التجارية من البصل؛ حيث تلزم ثلاث سلالات لإنتاج كل هجين، وهى كما يلى:

السلالة	التركيب الوراثى	الشكل الظاهرى
أ أو A	Srr	عقيمة الذكر
ب أو B	Frr	خصبة الذكر
جـ أو C	FRR	خصبة الذكر

تعرف السلالة B – كذلك – باسم maintainer line، كما تعرف السلالة C – أيضًا – بالاسمين R-line، و restorer line (Allard ١٩٦٤).

تتماثل السلالتان (أ، ب) تمامًا فى كل صفاتها فيما عدا صفة العقم الذكرى. أما

السلالة (جـ) .. فتسمى القرين المفضل good combiner، وتكون ذات قدرة عالية على التوافق مع السلالة (أ)؛ لتعطى الهجين المرغوب فيه وتزرع السلالتان (أ،ب) فى خطوط بالتبادل، وتحصد بذور كل سلالة على حدة؛ فتكون البذور الناتجة من السلالة (أ) نسلاً للسلالة (أ)، والبذور الناتجة من السلالة (ب) نسلاً للسلالة (ب)، علمًا بأن حبوب لقاح السلالة (ب) تلقح كلاً من السلالتين (أ، ب). أما السلالة (جـ) .. فإنها تزرع فى قطعة أرض منعزلة؛ لإكثارها، والمحافظة عليها بالتلقيح الخلطى الطبيعى بين نباتاتها.

ولإنتاج بذرة الهجين التجارى .. تزرع السلالتان (أ، جـ) معًا فى قطعة أرض معزولة، بمعدل خط من السلالة (جـ) لكل ٤-٦ خطوط من السلالة (أ)، أو بمعدل خطين من السلالة (جـ) لكل ثمانية خطوط من السلالة (أ). ولمزيد من التفاصيل عن إنتاج هجن البصل .. يراجع Pike (١٩٨٦).

عدم التوافق

كان O. H. Pearson فى عام ١٩٣٢ هو أول من اقترح الاستفادة من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج الهجن التجارية. كما ذكر Attia & Munger (عن Wallace & Nasrallah ١٩٦٨) أن هذه الظاهرة تتسبب فى حدوث التلقيح الخلطى فى الكرنب بنسبة ٩٠-١٠٠٪، وأن هذه النسبة تعد جيدة لإنتاج البذرة الهجين. وتشيع - حاليًا - (عن Lidel & Anderson ١٩٩٣) الاستفادة من هذه الظاهرة فى إنتاج هجن عديد من المحاصيل، خاصة النباتات الصليبية؛ مثل الكرنب، والقنبيط، وكرنب بروكسل، والكيل، والكرنب الصينى التى توجد فيها ظاهرة عدم التوافق الاسبوروفيتى. ويشترط لإنتاج الهجين أن تكون سلالتا الأبوين غير متوافقتين ذاتيًا، بينما تكونان متوافقتين خلطيًا مع بعضهما؛ أى إن كلاً منهما تكون ملقحة للأخرى؛ وبذا .. تحصد البذرة الهجين من كلتا السلالتين فى حقل إنتاج البذور.

ومن أهم المشاكل التى تواجه إنتاج هجن الصليبيات - بالاعتماد على ظاهرة عدم التوافق - ما يلى:

١ - يلزم دراسة نوع التفاعل الأليلى، الذى يوجد بكل سلالة قبل البدء فى إنتاج البذرة الهجين.

٢ – لا تكون صفة عدم التوافق ثابتة فى كل الظروف البيئية.

٣ – ضعف السلالات المرباة داخليًا.

ويستفاد من ظاهرة عدم التوافق فى إنتاج الهجن الفردية، والثلاثية، والزوجية (الرباعية). وتنتج الهجن الثلاثية بالتلقيح بين هجين فردى غير متوافق ذاتيًا كأم، وسلالة مرباة داخليًا كأب، بينما تنتج الهجن الزوجية بالتلقيح بين هجينين فرديين. على أن يكون الهجين الفردى المستعمل كأم غير متوافق ذاتيًا. ويمكن حصاد البذرة الهجين من كلا الأبوين – أيًا كان نوع الهجين – إذا كان الأبوان غير متوافقين ذاتيًا، فحينئذ .. يصبح كل منهما ملقحًا للآخر، وتكون البذرة الهجين الناتجة من كليهما متماثلة فى تركيبها الوراثى، إلا إذا وجدت صفات معينة تتأثر بالأم، أو تورث عن طريقها.

هذا .. إلا أن كثيرًا من هجن الصليبيات التى تنتج فى الولايات المتحدة هى من نوع التلقيحات القمية Topcrosses؛ حيث يستخدم صنف تجارى ناجح مفتوح التلقيح كملقح لسلالة عديمة التوافق ذاتيًا تستخدم كأم. كما تنتج – أيضًا – تلقيحات قمية ثلاثية باستخدام صنف تجارى مفتوح التلقيح كملقح لهجين فردى غير متوافق ذاتيًا (Dickson & Wallace ١٩٨٦).

انفصال الجنس

يستفاد من حالات انفصال الجنس فى إنتاج الهجن على النحو التالى:

أولاً: حالات النباتات الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن Monoecious

عندما يكون النبات وحيد الجنس وحيد المسكن (أى عندما يحمل أزهارًا مذكرة وأخرى مؤنثة) .. فإن إنتاج الهجين يكون أمرًا ميسورًا؛ حيث لا يلزم سوى إزالة الأزهار المذكرة – أولاً بأول – من السلالة المستعملة كأم. ويستفاد من هذه الظاهرة فى إنتاج الهجن التجارية من الذرة، وذلك بإزالة النورة المذكرة detasseling من خطوط سلالات الأمهات قبل تفتح أزهارها. وتتطلب هذه العملية كثيرًا من الأيدى العاملة، إلا أنها تجرى آليًا. وتحصد البذرة الهجين من النباتات التى أزيلت نوراتها المذكرة.

ومن أهم متطلبات هذه الطريقة توفير عزل جيد لحقل إنتاج البذور حتى لا تصله حبوب لقاح من مصادر أخرى خارج الحقل. ويتم العزل إما بتوفير مسافة كبيرة خالية

من نباتات الذرة حول حقل إنتاج البذور، وإما بزراعة المنطقة المحيطة بحقل إنتاج التقاوى بالسلالة المستخدمة كأب؛ لضمان تواجد كثافة عالية من حبوب لقاح الأب المرغوب فيه. كذلك .. تجب العناية بإزالة النورات المذكرة بحيث لا تتسبب فى حدوث أضرار للنباتات. وتجرى هذه العملية على مراحل لأن النباتات لا تزهر كلها فى وقت واحد. ورغم إمكان إجراء هذه العملية آليًا، إلا أنه يجب أن تؤخذ فى الحسبان احتمالات إجرائها - يدويًا - فى حالة سقوط الأمطار فى وقت حرج؛ حيث يستحيل - حينئذ - مرور الآلات فى الحقل.

ويزرع حقل إنتاج البذور - عادة - بستة خطوط من سلالة الأم، بالتبادل مع خطين من سلالة الأب. ويمكن بهذه الطريقة حصاد الآباء منفردة مع المحافظة على نقاوة البذرة الهجين. ويُتَخلص - أحيانًا - من نباتات سلالة الأب؛ بحرثها فى الأرض، أو تكسير سيقانها بعد التلقيح (عن Welsh ١٩٨١).

ثانيًا: حالات النباتات الوحيدة الجنس الثنائية المسكن Dioecious

عندما يكون النبات وحيد الجنس ثنائى المسكن (أى عندما توجد نباتات مذكرة وأخرى مؤنثة) .. فإن إنتاج البذرة الهجين يتم بزراعة سلالات الآباء فى خطوط متبادلة، ثم إزالة النباتات المذكرة من خطوط السلالة المستعملة كأم، قبل انتثار حبوب اللقاح منها. وتتبع هذه الطريقة فى إنتاج هجن السبانخ التى يكون التلقيح فيها - خلطيًا - بالهواء.

ثالثًا: حالات النباتات المؤنثة

تستعمل السلالات المؤنثة gynoecious فى إنتاج هجن الخيار، حيث تزرع كأمهات فى خطوط متبادلة مع سلالات الآباء، ويترك الحقل للتلقيح الخلطى الطبيعى بالحشرات. ونظرًا لأن حالة الأنوثة صفة بسيطة؛ لذا .. فإنها تظهر فى الجيل الأول الهجين، الذى لا يحمل - بدوره - سوى أزهار مؤنثة فقط.

ويتطلب عقد الثمار - فى الحقول التجارية للأصناف الهجين الأنثوية - توفر أحد الشروط التالية:

١ – أن يكون الصنف قادرًا على العقد البكرى للثمار parthenocarpic، وتتوفر هذه الصفة فى معظم أصناف الخيار الأنثوية.

٢ – أن تخلط البذرة الهجين ببذور أحد الأصناف الشبيهة الوحيدة الجنس الوحيدة المسكن؛ حتى تكون مصدرًا لحبوب اللقاح. وتقوم شركات البذور – عادة – بخلط بذور الملقحات – هذه – بنسبة ١٢–١٥٪ مع الهجن الأنثوية.

٣ – ألا يكون الصنف تام الأنوثة؛ حيث لا تظهر صفة الأنوثة كاملة وهى بحالة خليطة فى بعض الخلفيات الوراثية. ويمكن بالاختيار الدقيق للسلالة المستعملة كأب إنتاج هجن لا تكون تامة الأنوثة، بل تحمل عددًا قليلاً – نسبيًّا – من الأزهار المذكرة التى تنتج حبوب اللقاح اللازمة للتلقيح (عن Duvick ١٩٦٦).

التقارن التفضيلى الكامل

يحدث – أحيانًا – عند إجراء تهجين بين صنفين، ثم مضاعفة كروموسومات الجيل الأول أن تفضل الكروموسومات الآتية – من كل صنف – الاقتران مع بعضها البعض عند الانقسام. وتعرف هذه الظاهرة باسم التقارن التفضيلى الكامل Complete Preferential Pairing. وإذا حدثت الظاهرة بشكل تام .. فإنه لا تحدث أية انعزالات فى نسل الجيل الأول الهجين؛ وبذا .. يمكن المحافظة عليه وإكثاره، دونما حاجة إلى إعادة التهجين سنويًّا.

النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة

تحتوى النباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة Tertiary Trisomics على كروموسوم واحد زائد، يتكون من جزأين من كروموسومين غير متماثلين، وهى حالة نادرة الوجود فى الطبيعة. وقد اقترح الاستفادة من هذه الظاهرة فى إكثار سلالات الأمهات العقيمة الذكر؛ لأنها لا تسمح بظهور نباتات خصبة الذكر فى خطوط الأمهات، وهى النباتات التى يلزم التخلص منها – عند اتباع طريقة الإكثار العادية للنباتات العقيمة الذكر – بذل جهد كبير، وقد بدأ تطبيقها فى الشعير.

يعتمد تطبيق هذه الظاهرة – فى إكثار السلالات العقيمة الذكر – على أساس أن

التراكيب الكروموسومية غير الطبيعية، لا تنتقل – عادة – عن طريق حبوب اللقاح؛ حيث تكون جميع حبوب اللقاح الخصبة طبيعية. ويؤدى التلقيح الذاتى للنباتات الثلاثية الكروموسوم من الدرجة الثالثة إلى إنتاج بذور طبيعية، وأخرى بها الظاهرة. وتكون البذور الأخيرة فى الشعير صغيرة ومتغضنة (مجعدة)، ويسهل فصلها – آليًا – عن البذور الطبيعية.

يتطلب الأمر بعض الهندسة الكروموسومية لوضع الآليل السائد للخصوبة (Ms) بالقرب من موقع الالتحام بين جزأى الكروموسومين غير المتماثلين فى الكروموسوم الزائد، بينما يكون آليل العقم الذكرى المتنحى (ms) فى الكروموسوم الطبيعى. ونظرًا لأن العبور يقل بشدة فى أجزاء الكروموسوم الزائد القريبة من منطقة الالتحام، لذا .. فإنه يتكون نوعان فقط من الجاميطات، يكون أحدهما طبيعيًا والآخر يحتوى على الكروموسوم الزائد. وكما سبق الذكر .. فإن حبوب اللقاح التى تحتوى على الكروموسوم الزائد لا تكون خصبة، ولا تشارك فى تكوين النسل؛ وينتج عن ذلك .. أن تكون نصف البذور الناتجة من التلقيح الذاتى لهذا النبات (الثلاثى الكروموسوم من الدرجة الثالثة) طبيعية، وتحمل جين العقم الذكرى بحالة أصيلة، بينما يحمل نصفها الآخر الكروموسوم الزائد – المحتوى على آليل الخصوبة السائد – وتكون صغيرة ومتغضنة (شكل ٧–٢)، ويسهل فصلها – آليًا – قبل الزراعة. وبهذه الطريقة يسهل إكثار السلالات العقيمة الذكر بطريق التلقيح الذاتى.

التكاثر اللاإخصابى

تنتشر ظاهرة التكاثر اللاإخصابى فى كثير من الأنواع النباتية، وقد اقترح البعض الاستفادة بها؛ كوسيلة لإكثار الصنف الهجين بعد إنتاجه؛ ذلك لأن الأجنة اللاإخصابية تكون مشابهة للأم تمامًا فى تركيبها الوراثى. ويذكر Sprague (١٩٦٧) أن ظاهرة التكاثر اللاإخصابى تستخدم فى إنتاج بذور هجن النوع المحصول Argentina Bahia Grass.

استخدام مبيدات الجاميطات فى إنتاج الهجن

يستعمل مصطلح مبيدات الجاميطات gametocides فى وصف المركبات الكيميائية